

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11)特許出願公表番号

特表平10-503884

(43)公表日 平成10年(1998)4月7日

(51)Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

F I

H 0 1 L 23/473

H 0 1 L 23/46

Z

F 2 8 D 1/03

F 2 8 D 1/03

F 2 8 F 3/08

3 1 1

F 2 8 F 3/08

3 1 1

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 32 頁)

(21)出願番号 特願平8-508487  
(86) (22)出願日 平成7年(1995)6月23日  
(85)翻訳文提出日 平成9年(1997)1月29日  
(86)国際出願番号 PCT/US95/08011  
(87)国際公開番号 WO96/04516  
(87)国際公開日 平成8年(1996)2月15日  
(31)優先権主張番号 08/282, 663  
(32)優先日 1994年7月29日  
(33)優先権主張国 米国 (US)  
(81)指定国 EP(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, M C, NL, PT, SE), CA, CN, J P

(71)出願人 バッテル・メモリアル・インスティテュート  
アメリカ合衆国ワシントン州99352, リッ  
チランド, バッテル・プールバード 902,  
ビー・オー・ボックス 999, パシフィッ  
ク・ノースウエスト・ラボラトリーズ, イ  
ンテレクチュアル・プロパティー・サービ  
シーズ  
(72)発明者 ウェジェング, ロバート・エス  
アメリカ合衆国ワシントン州99352, リッ  
チランド, パーキンス・アベニュー 1006  
(74)代理人 弁理士 社本 一夫 (外5名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 微小部品シート構造体

(57)【要約】

本発明は大規模な単位プロセスを微小寸法の部品により遂行できる微小部品シート構造体に関する。シート構造体は複数個の別個の微小部品(2)の区分を備えた単一の積層体(1)とすることができ、または、シート構造体は各積層体上に1以上の微小部品区分を備えた複数個の積層体とすることができる。各微小部品又は複数個の同様の微小部品は少なくとも1つの単位作動を遂行する。複数個の同様の第1微小部品を有する第1の積層体は複数個の同様の第2微小部品を有する少なくとも第2の積層体と組み合わせられ、システム作動を達成するために少なくとも2つの単位作動を行う。

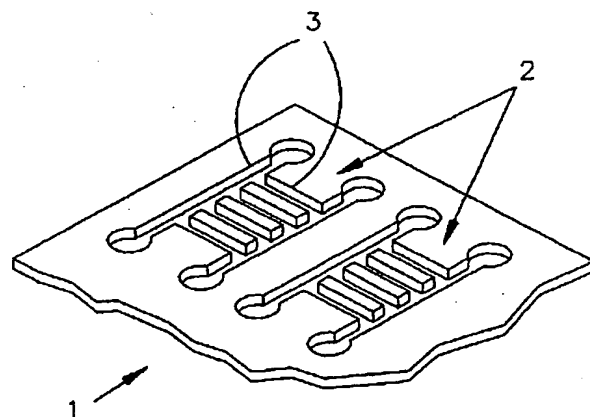


FIG. 1

## 【特許請求の範囲】

## 1. 微小部品シート構造体において、

(イ) 少なくとも1つの単位作動を遂行するための第1の複数の微小部品を有する第1の積層体と；

(ロ) 上記第1の積層体に取り付けられ、少なくとも1つの別の単位作動を遂行するための第2の複数の微小部品を有する第2の積層体と；

から成り、

(ハ) 上記単位作動が上記別の単位作動と組合わさってシステム作動を提供する、

ことを特徴とする微小部品シート構造体。

## 2. 請求の範囲第1項に記載の微小部品シート構造体において、上記第1の複数の各微小部品が更に、

(イ) 複数の第1のランド部及び流れ経路と；

(ロ) 上記第1の流れ経路を通して流れる流体と；

から成り、

(ハ) 熱を排斥するか又は受け取る、

ことを特徴とする微小部品シート構造体。

## 3. 請求の範囲第2項に記載の微小部品シート構造体において、上記第2の複数の各微小部品が更に、

(イ) 複数の第2のランド部及び流れ経路と；

(ロ) 上記第2の流れ経路を通して流れる流体と；

から成り、

(ハ) 熱を排斥するか又は受け取る、

ことを特徴とする微小部品シート構造体。

## 4. 請求の範囲第3項に記載の微小部品シート構造体において、

上記第1の積層体が熱を排斥し、上記第2の積層体が熱を受け取り；

上記第1及び第2の積層体が絶縁積層体の両面に取り付けられて、微小部品熱組立体を形成することを特徴とする微小部品シート構造体。

5. 請求の範囲第4項に記載の微小部品シート構造体において、上記流体が凝縮可能であり、上記第1の積層体内で凝縮し、上記第2の積層体内で蒸発することを特徴とする微小部品シート構造体。

6. 請求の範囲第4項に記載の微小部品シート構造体において、

(イ) 上記第2の積層体と上記第1の積層体との間のコンプレッサと；

(ロ) 上記第1の積層体と上記第2の積層体との間で、上記コンプレッサとは反対側に位置した膨張弁と；

を更に備え、

(ハ) 熱ポンプを提供する、

ことを特徴とする微小部品シート構造体。

7. 請求の範囲第6項に記載の微小部品シート構造体において、上記コンプレッサがマクロ寸法のコンプレッサであることを特徴とする微小部品シート構造体。

8. 請求の範囲第6項に記載の微小部品シート構造体において、上記膨張弁がマクロ寸法の膨張弁であることを特徴とする微小部品シート構造体。

9. 請求の範囲第4項に記載の微小部品シート構造体において、

(イ) 上記第1の積層体と上記第2の積層体との間のポンプ又はコンプレッサと；

(ロ) 上記ポンプ又はコンプレッサとは反対側で上記第2の積層体と上記第1の積層体との間に位置したワーク抽出器と；

から成り、

(ハ) 熱エンジンを提供する、

ことを特徴とする微小部品シート構造体。

10. 請求の範囲第9項に記載の微小部品シート構造体において、上記ポンプ又はコンプレッサがマクロ寸法のポンプ又はコンプレッサであることを特徴とする微小部品シート構造体。

11. 請求の範囲第9項に記載の微小部品シート構造体において、上記ワーク抽出器がマクロ寸法のワーク抽出器であることを特徴とする微小部品シート構造体。

1 2. 微小部品シート構造体において、

(イ) 少なくとも第1の単位作動を遂行するための第1の複数の微小部品を有する第1部分と、少なくとも別の単位作動を遂行するための第2の複数の微小部品を有する第2部分とを備えた第1の積層体；

から成り、

上記第1の単位作動が上記別の単位作動と組み合わせさせてシステム作動を提供する、

ことを特徴とする微小部品シート構造体。

1 3. 請求の範囲第1 2項に記載の微小部品シート構造体において、上記第1の複数の各微小部品が更に、

(イ) 複数の第1のランド部及び流れ経路と；

(ロ) 上記第1の流れ経路を通して流れる流体と；

から成り、

(ハ) 熱を排斥するか又は受け取る、

ことを特徴とする微小部品シート構造体。

1 4. 請求の範囲第1 3項に記載の微小部品シート構造体において、上記第2の複数の各微小部品が更に、

(イ) 複数の能動性の微小部品と；

(ロ) 上記能動性の微小部品により上記流れ経路を通して流される流体と；

から成り、

(ハ) 熱を受け取るか又は排斥し、ワークを抽出するか又は上記流体を圧縮する、

ことを特徴とする微小部品シート構造体。

1 5. 請求の範囲第1 4項に記載の微小部品シート構造体において、

上記第1の積層体の上記第1部分が熱を受け取り、当該第1の積層体の上記第2部分が流体からワークを抽出すると共に熱を受け取ることを特徴とする微小部品シート構造体。

1 6. 請求の範囲第1 5項に記載の微小部品シート構造体において、上記第1

の積層体の上記第1及び第2部分を有する第2の積層体を設け、上記第2の積層体の第1部分が熱を排斥し、当該第2の積層体の第2部分が流体を圧縮すると共

に熱を排斥し、理想的なブレイトンサイクル機械を提供することを特徴とする微小部品シート構造体。

17. 微小部品熱組立体において、

(イ) 複数のランド部及び流れ経路を備えた少なくとも1つの微小部品を有する第1の積層体であって、(ロ) 絶縁積層体の片面に取り付けられた第1の積層体と；

(ハ) 複数のランド部及び流れ経路を備えた少なくとも1つの微小部品を有し、上記絶縁積層体の反対面に取り付けられた第2の積層体と；

から成り、

(ニ) 上記第1及び第2の積層体のうち的一方が熱リジェクタとして使用され、当該第1及び第2の積層体のうち他方が熱レシーバとして使用される、ことを特徴とする微小部品熱組立体。

18. 請求の範囲第17項に記載の微小部品熱組立体において、上記熱リジェクタが凝縮器であり、上記熱レシーバが蒸発器であることを特徴とする微小部品熱組立体。

19. 微小部品シート構造体において、

(イ) 少なくとも1つの単位作動を遂行するための第1の複数の微小部品を有する第1の積層体と；

(ロ) 上記第1の積層体に取り付けられ、熱の排斥を必要とするユニットと；  
から成り、

(ハ) 上記第1の複数の各微小部品が更に、

(1) 複数のランド部及び流れ経路と；

(2) 上記流れ経路を通して流れる蒸発可能な流体と；

を備え、

(ニ) 熱を排斥するか又は受け取る、  
ことを特徴とする微小部品シート構造体。

20. 請求の範囲第19項に記載の微小部品シート構造体において、熱ポンプ、熱エンジン又は熱パイプとなる部品を更に備えたことを特徴とする微小部品シート構造体。

## 【発明の詳細な説明】

## 微小部品シート構造体

本発明は一般的には熱伝達及び（又は）動力変換、或いは、化学的な変換及び分離を達成する装置及び方法に関する。詳細には、本発明は並列に作動する複数個の微小寸法の素子により小規模生産を行うことができる微小部品（マイクロコンポーネント）シート構造体に関する。

## 発明の背景

多数の人類の生活における物理的な基準を継続的に改善するためには、一層少ない資源で一層有効な効果を達成する必要がある。現在に至るまでの産業革命から、規模の経済状態は資本設備や中央作動設備の大規模な構造及びシステムに委ねられてきた。中央設備は資本コストの増大及び効率損失をもたらす分配システムを必要とするという更なる欠点を有する。しかし、歴史的には、中央システムはその使用に支えられてコスト的な利点を享有してきた。一層小さく分布した部品及びシステムは一層高い単位コストで作られ、一層大きく一層有効な部品又はシステムの実質的な資本コストでは割りがあわないような応用に使用される。従って、所望の容量に対して適当な寸法で作ることができ、分配システムを設ける必要性を排除でき、大規模な部品及びシステムの効率をも達成できる部品及びシステムを提供する必要がある。

小規模で高効率を達成する部品は電子コンポーネントから熱を除去するために使用される微小チャンネル型式の熱交換器を含む。

米国特許第5, 115, 858号明細書（発明の名称：「微小チャンネル型式のウエファー冷却チャック」）は液体冷却剤を交互のチャンネルに流通させることにより水を冷却するために使用される3M微小チャンネルストックを開示している。高熱伝達流体は残りのチャンネルを通され、熱を除去する。

米国特許第4, 998, 580号明細書（発明の名称：「小さな液圧直径流路を有する凝縮器」）は空調及び冷却装置に使用する凝縮器を開示している。凝縮器の構造は波形金属及び平坦なストリップで形成される。

米国特許第5, 016, 707号明細書（発明の名称：「多重パス横流ジェッ

ト衝突式の熱交換器」)は多数のコア及びスペーサ板を積層した横流熱交換器及びその構造を開示している。

米国特許第5, 296, 775号明細書(発明の名称:「冷却マイクロファン  
の構造及びプロセス」)は隆起部又はフィン(例えば、開チャンネル)と組み合  
わせたマイクロ電子冷却ファンを開示している。

上述の米国特許明細書に開示された技術は熱交換設備の個々の部品の実質的な  
組立てを必要とする特殊な熱交換設備の設計を教示している。中規模ないし大規  
模な作動のためにこのような設備を使用すると、多数の熱交換器を組立てる必要  
性が生じ、熱交換器の数が増えるに従ってコストが比例的に増大してしまう。

更に、微小規模においてはシステムの組立ては複雑で高価となる。例えば、微  
小寸法のモータを製造することは現在可能であるが、従来の知識は微小寸法の部  
品を直列に連結するものであり、その結果、マクロ寸法効果を達成するために、  
数百万個の小さなシステムを作る莫大な努力とコストが必要となる。

従って、熱交換器及びその他のシステム部品に対して、1部品当りの単位コス  
トが十分に低く、多数の部品への拡張を一層少ないコストで達成できるような応  
用、及び、マクロ寸法効果のためのシステムを形成するような部品の組み合わせ  
を低コストで達成できるような応用にとって、必要数の熱交換器及びその他の部  
品の組立てを可能にする組立て技術が要求されている。

#### 発明の概要

本発明は、例えば微小チャンネルを有する積層体の如き微小部品シート構造体  
に関する。シート構造体は複数個の別個の微小部品区分を備えた単一の積層体と  
することができるし、または、シート構造体は各積層体上に1以上の微小部品区  
分を備えた複数個の積層体とすることができる。微小部品は、例えば微小流れ経  
路の如き受動性の微小部品、及び、マイクロポンプやマイクロコンプレッサ(こ  
れらに限定されない)の如き能動性の微小部品を含む。

各微小部品又は複数個の微小部品は少なくとも1つの単位作動を遂行する。複  
数個の同様な第1の微小部品を有する第1の積層体は複数個の同様な第2の微小  
部品を有する少なくとも第2の積層体と組み合わせられ、システム作動を達成する



ために少なくとも2つの単位作動を行う。例えば、複数個の微小チャンネル式の蒸発器を含む積層体は絶縁積層体及び複数個の微小チャンネル式の凝縮器を含む積層体と組み合わせられ、マクロ寸法の熱ポンプを得るためにコンプレッサ及び膨張弁に接続される。

本発明の目的は、凝縮器、熱交換器、及び、熱伝達及び（又は）動力システム、或いは、化学処理システムの他の部品にとって有用な積層体を提供することである。

本発明の別の目的は、組立てコストが積層体上に形成される微小部品の数に実質的に左右されない積層体を提供することである。

本発明の要旨は本明細書の「結論」部分に特に指摘され、明記されている。しかし、構成及び作動方法、並びに、更なる利点及び目的は、添付図面（同じ符号は類似の素子を示す）に関連しての以下の説明から詳しく理解できよう。

#### 図面の簡単な説明

第1図は横方向で閉じたランド部を有する微小寸法部品の積層体の一部の斜視図、

第1a図は横方向で開いたランド部を有する微小寸法部品の積層体の一部の斜視図、

第2a図はヘッダ端部に連結部を備えた微小寸法部品の積層体の一部の斜視図、

第2b図はヘッダの長さに沿って連結部を備えた微小寸法部品の積層体の一部の斜視図、

第3a図は微小寸法の積層体から作った熱ポンプを示す図、

第3b図は微小寸法の積層体とマクロ寸法部品との組み合わせにより作った熱ポンプを示す図、

第4図はテスト組立体の分解部品斜視図、

第5a図は微小寸法及びマクロ寸法部品同士の組み合わせにより作った逆ブレイトンサイクルの熱ポンプを示す図、

第5b図は微小寸法部品から作った逆ブレイトンサイクルの熱ポンプを示す図、

第6 a 図は微小寸法部品から作ったランキンサイクル熱エンジンを示す図、

第6 b 図は微小寸法及びマクロ寸法部品同士の組み合わせにより作ったランキン

ンサイクル熱エンジンを示す図、

第7 a 図は微小寸法部品から作ったブレイトンサイクル熱エンジンを示す図、

第7 b 図は微小寸法及びマクロ寸法部品同士の組み合わせにより作ったブレイトンサイクル熱エンジンを示す図、

第7 c 図は微小寸法部品から作ったエリクソンサイクル熱エンジンを示す図である。

#### 好ましい実施例の説明

本発明は、基本構造が数十から数百万（好ましくは数百から数百万）の微小部品を有する積層体（ラミネート）又は積層体部分から成り、それによって、各積層体がマクロ寸法の単位作動を提供でき（例えば、キロワット範囲の容量を有するコンデンサを提供でき）、また、単位作動を組み合わせるように相互接続された複数の積層体が組立体やシステム（例えば、熱ポンプ）を形成できるような微小部品シート即ち個々の積層構造体に関する。基本構造

第1 図は積層体の基本構造を示す。材料シート即ち積層体1 上において、複数の個の微小部品2 が材料シート1 に埋設される。材料シート1 は任意の固形材料で作ることができるが、好ましくは、金属、セラミック又は半導体材料で作る。微小部品2 を埋設した材料シート1 は積層体である。積層体は、スペーサ又は絶縁体として作用するような材料シート1 とすることができ、この場合、材料シートは微小部品を有しなくてもよいし、材料シート1 を貫通する導管を有してもよい。

微小部品2 は凝縮器、蒸発器即ち位相不変熱交換器、コンプレッサ、膨張弁、又はモータとすることができる。特定の実施例を図示、説明するが、積層体即ち材料シート1 上の微小部品及びその組み合わせの種類や数は制限されない。

第1 図は材料シート1 の一面上の微小部品2 を示すが、微小部品は材料シート1 の両面に埋設することができる。両面での埋設は二重流体熱交換器（例えば、凝縮タービン排気を伴う給水の予熱）にとって特に有利である。

材料シート上の微小部品2の密度は $1\text{ cm}^2$ 当り約1微小部品から $1\text{ cm}^2$ 当り約 $10^{10}$ 微小部品までの範囲とすることができる。このような密度範囲内では、微小部品2の単位長さ又は単位直径は約1ミクロンから約1センチメートルまでの範囲である。溝即ち微小チャンネル3の幅Wは約1ミクロンから約1ミリメートルまでの範囲、好ましくは、約10ミクロンから約250ミクロンまでの範囲とすることができる。

微小チャンネル即ち流れ経路は第1図に示すように横方向で閉じていてもよいし、第1a図に示すように横方向で開いていてもよい。

第2a図及び第2b図において、微小部品2は一对のヘッダ5及び横素子(laterals)6から成る溝セット4である。横素子6はヘッダ対5間での流れを許容する溝である。横素子6はヘッダ5に対して実質上垂直に示してあるが、微小部品分野の当業者なら、ヘッダ5に対して90度以外の角度で横素子6を配置できること明らかである。ヘッダ5は連結部8を具備することができ、これらの連結部は流体を授受するためのヘッダ5の拡大部分である。ヘッダ5に対する流体の授受がヘッダ5の幅W内で達成できるので、連結部8の設置はオプションである。横素子6はヘッダ5と同じ幅を有してもよく、または、ヘッダ幅とは異なり、それより一層小さな又は大きな幅を有してもよい。好ましくは、横素子6はヘッダ5より小さな幅を有する。

微小部品2即ち溝セット4の埋設は任意の微小チャンネル形成法により達成できるが、好ましくは、マイクロ機械加工又はフォトリソグラフィーにより行われる。フォトリソグラフィー法が最も好ましい。その理由は、溝セット4の製造コストが溝セット4の数に実質上左右されないからである。微小チャンネル形成法では、一般に、出来上がったチャンネルがエッチングされた側に制限されないように表面をエッチングする。チャンネルは第2の積層体をエッチングした表面に接着することにより閉じられる。横素子6を画定する複数個の固形材料ランド部10は発生した高熱流束を支える熱伝達フィンとして作用する。各ランド部10は第2a図に示すように横方向で閉じていてもよいし、横流(cross flow)連通を可能にするために第1a図に示すように横方向で開いていてもよい。ランド部1

0は矩形、偏菱形、楕円形等の任意の横断面を有することができるが、これらの横断面に限定されない。横方向で開いたランド部は流れ面積を増大させ、目詰まりの可能性を減少させ、生じた場合の目詰まりの効果を減少させる。横方向で開いたランド部を有する微小部品においては、特にランド部がオフセットしている場合や無秩序に離間している場合は、横素子の定義は一層明確ではない。ただし

開いたランド部間の空間は流れ経路を構成する。

微小部品2は頂部のカバーが無い状態で示してあるが、頂部をカバーで閉じ、流れ経路内で流体をランド部10に対して緊密に接触維持させるように流体の流れを拘束するのが好ましい。カバーは微小部品を有しない平坦な積層体（例えば、絶縁積層体）でもよいし、または、別の微小部品積層体でもよい。

#### システム

単一の微小部品又は一組の同様の微小部品は少なくとも1つの単位作動を行うことができる。単位作動は作業流体の状態を変化させる作動として定義され、凝縮、蒸発、圧縮、ポンピング、熱交換又は膨張を含むが、これらに限定されない。単位作動の集合がシステムとなる。1以上の単位作動を遂行する微小部品の例は圧縮と熱伝達とを同時に行う熱伝導性材料内のマイクロコンプレッサである。もちろん、マイクロコンプレッサはガスを圧縮した結果として生じる熱を扱うが、その熱はプロセス熱（例えば、冷凍空間から除去された熱）に比べて小さい。微小部品の明らかな利点は、圧縮と同時に伝達される熱が実際にプロセス熱であり、最も有効なエネルギー伝達／変換を生じさせる（理想の等温圧縮に近い）実質上一定の温度圧縮を提供することである。

一般に、システムは少なくとも1つの単位作動を遂行するための第1の複数個の微小部品を備えた第1の積層体を有し、そのほかに、少なくとも1つの別の単位作動を遂行するための第2の複数個の微小部品を備えた第2の積層体を有し、単位作動が別の単位作動と組み合わせられて、システムの作動を提供する。

別の方法としては、別個の積層体に別個の単位作動を行わせる代わりに、第1の部分と少なくとも第2の部分とを有する単一の積層体により、別個の単位作動

を行わせることができる。第1部分は単位作動を遂行する第1の微小部品を有し、第2部分及びその他の部分は別の単位作動及びその他の単位作動を遂行する第2微小部品及びその他の微小部品を有する。単位作動は別の単位作動及び（又は）その他の単位作動と組み合わせられて、システムの作動を提供する。

1つの単位作動を遂行する微小部品は、いくつかの方法により、別の単位作動を遂行する微小部品と組み合わせることができる。例えば、並列となった数個の微小寸法のポンプが単一の熱交換器へ給水することができ、または、1つの微小

寸法のポンプが並列となった数個の熱交換器へ給水することができる。特定の応用に対しては、直列となった同様の微小部品及び直列と並列の組み合わせに対する同様な変形を有利に使用できる。

積層体又は積層体部分は熱ポンプ、熱エンジン、熱パイプ、熱源及び化学設備（例えば、化学的な変換器や化学的な分離器）を含む種々のシステムとして組み合わせることができるが、これらに限定されない。

#### 熱ポンプ

微小寸法部品の熱ポンプはマクロ寸法熱ポンプと同じ基本的な単位作動を行う。蒸気圧縮熱ポンプについては、基本的な単位作動は蒸発、圧縮、凝縮、及び膨張である。しかし、各単位作動を遂行する微小寸法部品は、マクロ寸法の対応部（counterpart）と同じレベルのキロワット又はメガワット程度のマクロ寸法の加熱又は冷却を提供するのに十分な数とする。

微小寸法部品の熱ポンプは第3a図に示すが、微小寸法の蒸発器積層体31と、絶縁積層体32と、微小寸法のコンプレッサ積層体34と、微小寸法の凝縮器積層体36とを有する。微小寸法の蒸発器積層体31及び凝縮器積層体36は、各溝セット4が微小部品となった溝セット4を有する積層体である。微小寸法のコンプレッサとしての微小部品は中実ピストン型式の直線同期ゼネレータ、1990年発行のスミッツ・ジェー・ジー(Smits JG)著による文献「蠕動運動する3つの弁を備えた圧電マイクロポンプ」における（センサ及びアクチュエータ 15、153-67）に記載された圧電ダイアフラム、又は、ガスを圧縮できる他の微小チャンネルアクチュエータとすることができる。膨張弁即ちオリフィスは

コンプレッサ積層体 3 4 をエッチングすることにより形成でき、または、膨張弁を含む別個の積層体をコンプレッサ積層体 3 4 と絶縁積層体 3 2 との間に挿入できる。積層体の外側に示す波形矢印 3 8 は低温  $T_L$  から高温  $T_H$  への熱伝達の方法を示す。積層体の内側に示す矢印 4 0 は作業流体の流れの方向を示す。破線で示す導管 4 2 はその積層体と流体接触しないことを表す。導管 4 2 は図示のような数個でもよいし、もっと多くてもよい。

第 3 b 図には熱ポンプの別の実施例を示す。この実施例においては、蒸発器積層体 3 1 が絶縁積層体 3 2 の上面に配置され、凝縮器積層体 3 6 が絶縁積層体の

下面に配置され、微小部品の熱組立体 4 3 を形成する。マクロ寸法のコンプレッサ 4 4 及びマクロ寸法の膨張弁 4 6 は微小寸法部品の外部で装着される。この実施例においては、絶縁積層体 3 2 を貫通する通路即ち導管 4 2 を必要としない。

#### 例 1

微小寸法の凝縮器及び蒸発器の作動を確かめるために実験を行った。第 4 図に示すテスト（実験用）組立体は溝セット片 4 0 1 とマニホルド 4 0 2 とを有するように形成された。溝セット片 4 0 1 及びマニホルド 4 0 2 は共に銅で作った。溝セット 4 を含む溝セット片 4 0 1 の部分の寸法は  $2.3 \text{ cm} \times 2 \text{ cm} \times 1 \text{ mm}$  とし、溝の壁 4 0 4 をフィンのようにベース 4 0 6 の上方へ延出させた。溝セット 4 においては、対をなす溝壁 4 0 4 間に 4 8 個の横素子を設けた。各横素子の幅は約 260 ミクロンとし、深さは約 1 mm とした。オーリング溝 4 0 8 内にオーリング（図示せず）を配置し、溝セット片 4 0 1 とマニホルド 4 0 2 との間をシールした。

マニホルド 4 0 2 にはステンレス鋼の隆起屋根 4 1 0 を設けた。溝壁 4 0 4 と隆起屋根 4 1 0 の下面との間にわずかな空間を残すか空間を全く残さない状態で、隆起屋根 4 1 0 を溝セット 4 上に嵌め込んだ。空間を残した場合は、その空間を  $1/10 \text{ mm}$  以内とし、更に好ましくは  $0.01 \text{ mm}$  以内とした。隆起屋根 4 1 0 は溝壁 4 0 4 に平行な方向において過剰寸法とし、溝セット 4 の端部にヘッダを形成し、ヘッダの幅を  $W$  とする。溝セット 4 を通る流体流れのために嵌合連結穴 4 1 2 を隆起屋根 4 1 0 に設けた。

作業流体として冷媒 R-124 を用いてテスト組立体を凝縮器として作動させた。定常状態は、約 3 atm の圧力で、約 20℃ の過熱冷媒 R-124 が入口へ入来し、亜冷却液体 R-124 が出口から排出される状態に限定した。凝縮器は 0℃ の温度の水／氷の槽内に配置した。冷媒の流量を 0.150 g/s と 0.205 g/s との間で変化させた。入来する過熱冷媒 R-124 及び排出される凝縮された液体 R-124 のエンタルピーの変化は 155 ジュール／グラムであり、これは、テスト組立体が熱交換器の作業領域に対して約 6 ワット／cm<sup>2</sup> から約 8 ワット／cm<sup>2</sup> までの熱伝達量を達成したことを示す。

#### 熱ポンプの実施例

熱ポンプのための微小寸法部品についての上述の説明及び例は蒸気圧縮サイクルに関連するものであった。熱ポンプ分野の当業者は、蒸気圧縮のほかに、他の熱力学サイクルを熱ポンプに使用できることを知っている。例えば、逆ブレイトンサイクル、スターリングサイクル及び吸収サイクルを使用してきた。

第 5 a 図は微小チャンネル型式の熱交換器とマクロ寸法のコンプレッサとを組み合わせた逆ブレイトンサイクルの熱ポンプを示し、第 5 b 図はマクロ寸法部品を使用しない逆ブレイトンサイクルの熱ポンプを示す。第 5 a 図において、微小部品の熱組立体 43 は絶縁積層体 32 上に配置した溝セット 4 を有する微小チャンネル型式の熱交換器リジェクタ (rejector) 501 であり、リジェクタ 501 とは反対側の絶縁積層体 32 の面に微小チャンネル型式の熱交換器レシーバ 503 を有する。膨張弁 505 はリジェクタ 501 からレシーバ 503 への流れを可能にする。コンプレッサ 507 はシステムを通して作業流体を移動させる。

第 5 b 図においては、すべての単位作動は微小部品により遂行され、理想サイクルに近い作動を可能にする。第 5 b 図において、レシーバ 510 は微小ゼネレータを有する積層体である。更に、レシーバ積層体 510 は熱伝導性材料で作る。レシーバ積層体 510 が熱伝導性材料と組合わさった微小ゼネレータを有するので、レシーバ積層体 510 は、ワークの理想的な等温発生即ち抽出に一層近い 2 つの単位作動 (即ち、ワークの製造及び熱の受け取り) を同時に遂行できる。作業流体はレシーバ積層体 510 を去り、等エントロピーコンプレッサ積層体 5

12に流入し、次いで、圧縮と熱排斥とを同時に遂行し熱伝導性材料内に微小コンプレッサを有するリジェクタ積層体514に至る。次いで、作業流体はゼネレータ積層体516へ流入して等エントロピーワーク抽出を行い、レシーバ積層体510へ戻る。絶縁層32はレシーバ積層体510とゼネレータ積層体516との間、ゼネレータ積層体516とコンプレッサ積層体512との間及びコンプレッサ積層体512とリジェクタ積層体514との間に位置する。破線で示す導管42は種々の積層体及び層を貫通する流体通路を表し、矢印40は少なくとも1つの単位作動を遂行するための積層体内の作業流体の流れを表す。

逆ブレイトンサイクルの熱ポンプ分野の当業者にとっては、組み合わせたレシーバ及びリジェクタ積層体510、514は別個のコンプレッサ及びゼネレータ積層体、並びに、別個の熱交換積層体で作ることができること明らかである。しかし、これはあまり好ましくない。その理由は、理想の逆ブレイトンサイクル状態から外れるからである。

#### 熱エンジン

熱力学的には、熱エンジンは熱ポンプと逆である。しかし、実際には、熱エンジンと熱ポンプとはかなり異なっている。例えば、熱エンジンは膨張弁を使用せず、作業流体からワークを抽出する。作業流体は気体又は液体でよいが、マクロ寸法の熱エンジンはマクロ寸法の熱ポンプとは著しく異なる。

多くの熱エンジンの設計の基礎となる多数の熱力学サイクルが存在する。例えば、熱力学サイクルはランキンサイクル、ブレイトンサイクル、スターリングサイクル、オットーサイクル、ディーゼルサイクル、カリナサイクル及びエリクソンサイクルを含むが、これらに限定されない。更に、組み合わせサイクル及び種々のエネルギー保存法が存在する。例えば、ランキンサイクルにおいては、再熱、過熱及び給水再熱は、単独で、又は、種々の熱エンジン応用の組み合わせにおいて使用されている。作業流体の種類、燃料の内燃／外燃関係及び当業者にとって既知のその他の特性のため、すべてのこれらのサイクルは異なる。しかし、すべてのこれらの熱力学サイクル及びその改善は理想的なカルノーサイクルの遂行の試みの成果である。



微小寸法の積層体（特に、凝縮器及び蒸発器）を使用すると、その高い比熱伝達率のため、これらのサイクルの効率を改善できる可能性を与える。更に、微小寸法のゼネレータ（例えば、逆工程で駆動される電磁アクチュエータ）を使用すると、他のサイクルを越える効率を有する完全に微小寸法ベースの熱エンジンを提供できる可能性を与える。

上述のような多数の熱エンジンサイクルが存在するが、以下の特殊な説明は、上述の特殊なサイクルにとってのみならず、熱エンジンサイクル分野の当業者にとって既知の他のサイクルにとっても可能である。

第6 a 図は微小部品を有するランキンサイクルの熱エンジンを示す。蒸発器積層体6 0 1は絶縁積層体3 2の片側でゼネレータ積層体6 0 3上に配置される。絶縁積層体3 2の反対側には、ポンプ積層体6 0 5及び凝縮器積層体6 0 7が位置する。

第6 b 図は微小部品とマクロ部品との組み合わせを有するランキンサイクルの熱エンジンを示す。微小部品の熱組立体4 3は絶縁積層体3 2の片面上に配置された蒸発器積層体6 0 1と、絶縁積層体3 2の反対面上に配置された凝縮器積層体6 0 7とを有する。ポンプ6 0 8は作業流体を凝縮器積層体6 0 7から蒸発器積層体6 0 1へ循環させ、タービン／ゼネレータセット6 1 0は作業流体からワークを抽出し、電気を発生させる。

第7 a 図は微小部品のブレイトンサイクル熱エンジンを示す。2つの熱交換器即ちリジェクタ5 0 1及びレシーバ5 0 3は前述の逆ブレイトンサイクルのためのもと同じでよい。ゼネレータ7 0 1はランキンサイクルのゼネレータ6 0 3と同様のものとすることができるが、異なる作業流体に適合できるように必要な修正が施される。同様に、コンプレッサ7 0 3はブレイトンサイクルの作業流体（普通は、空気の如き気体）に対応できるように作られる。

第7 b 図は微小部品とマクロ部品との組み合わせを有するブレイトンサイクル熱エンジンを示す。タービン／ゼネレータセット7 0 7はランキンサイクルのタービン／ゼネレータセット6 1 0と同様のものとすることができるが、蒸気ではなく空気やその他の非凝縮性気体を処理できるような特殊なものとする。同様に

、コンプレッサ 7 0 5 及び微小部品熱組立体 4 3 は作業流体としての空気やその他の非凝縮性気体を処理するように設計される。

第 7 c 図はエリクソンサイクルとしても参照される理想的なブレイトンサイクルに近づく更に別の微小部品の変形例を示す。この変形例即ち実施例は積層体の異なる部分において 2 つの単位作動を行う積層体を例示する。特に、レシーバ積層体 7 0 6 は熱交換器レシーバ部分 5 0 3 と等温ゼネレータ部分 5 1 0 とを有し、リジェクタ積層体 7 0 8 は熱交換器リジェクタ部分 5 0 1 と等温コンプレッサ部分 5 1 4 とを有する。

#### 結論

基本的な構造体及び積層体は微小部品及びマクロ部品同士、これに対応する単位作動、及び図示、説明したもの以外の微小部品の置換の種々の組み合わせとして組立てることができる。例えば、ランキンサイクルの熱エンジンの作動として

第 6 a 図及び第 6 b 図に示した 2 つの実施例は単なる例示にすぎず、限定的なものではない。

本発明の好ましい実施例につき説明したが、当業者にとっては、本発明の要旨を逸脱することなく種々の変形、修正が可能であること明らかである。当業者は予熱、内部冷却、再熱及びその組み合わせサイクル、並びに、マイクロシステムにおいて行われてきたようなその他の変形を採用することができる。

【図1】

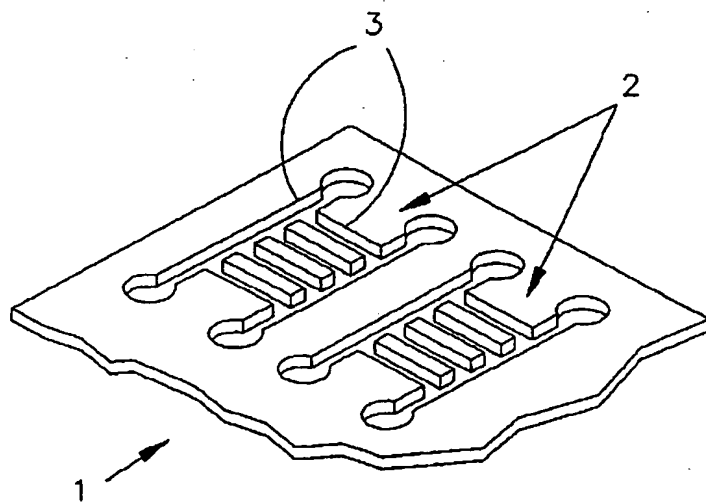


FIG. 1

【図1】

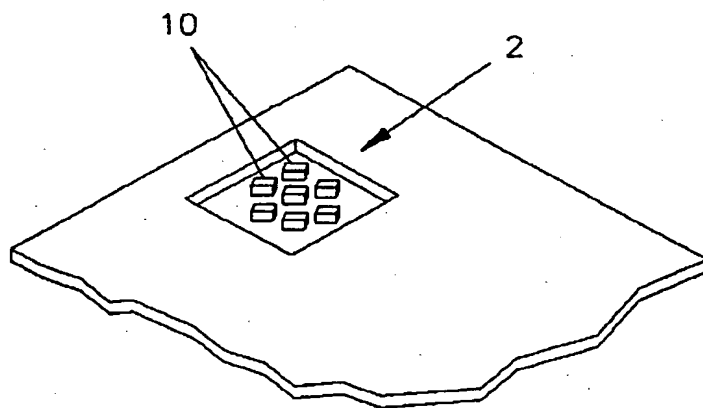


FIG. 1a

【図2】

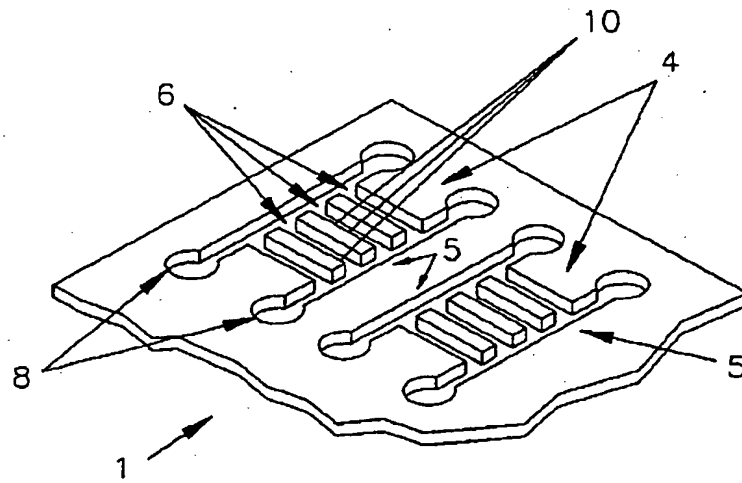


FIG. 2a

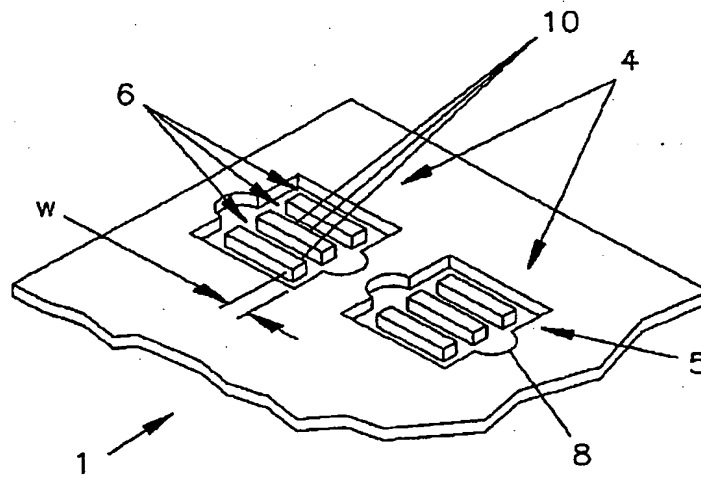


FIG. 2b

【図3】

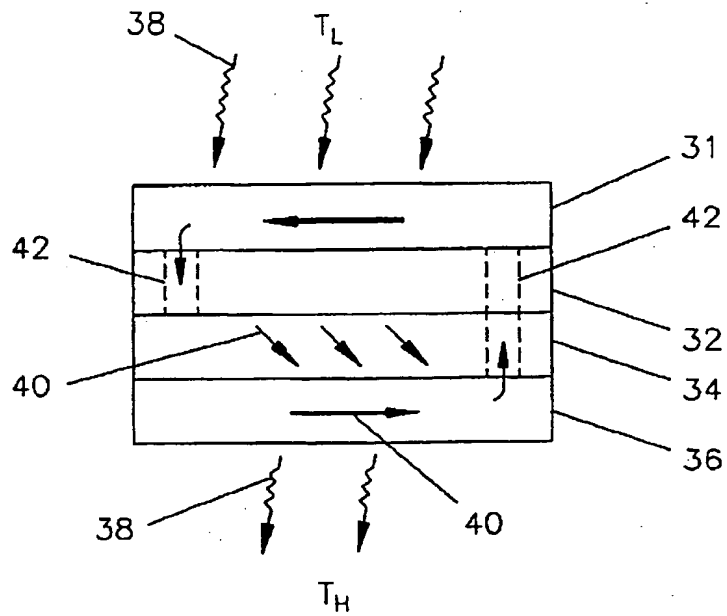


FIG. 3a

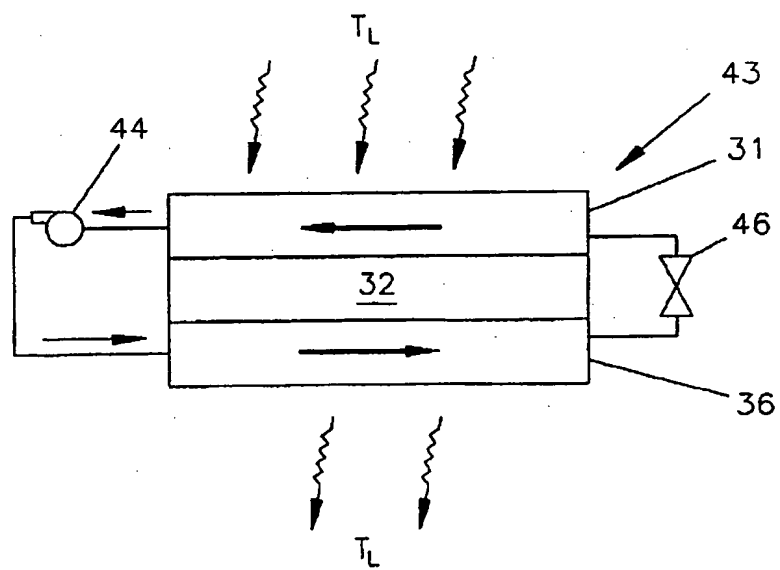


FIG. 3b

【図4】

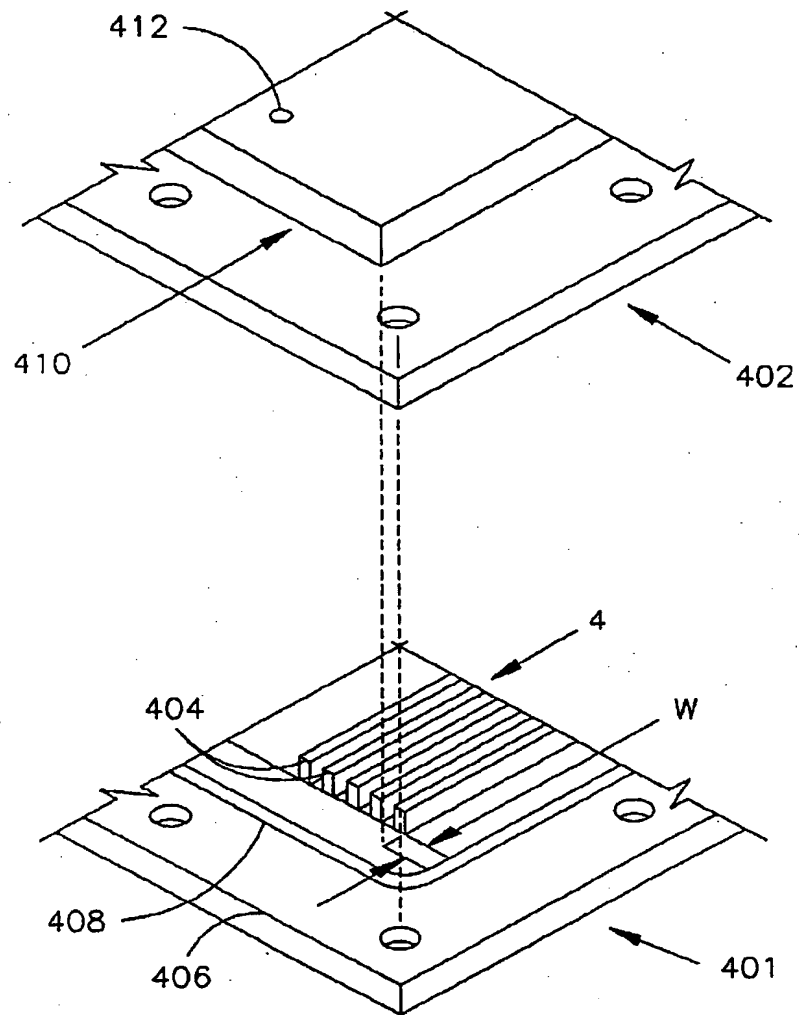


FIG. 4

【図5】

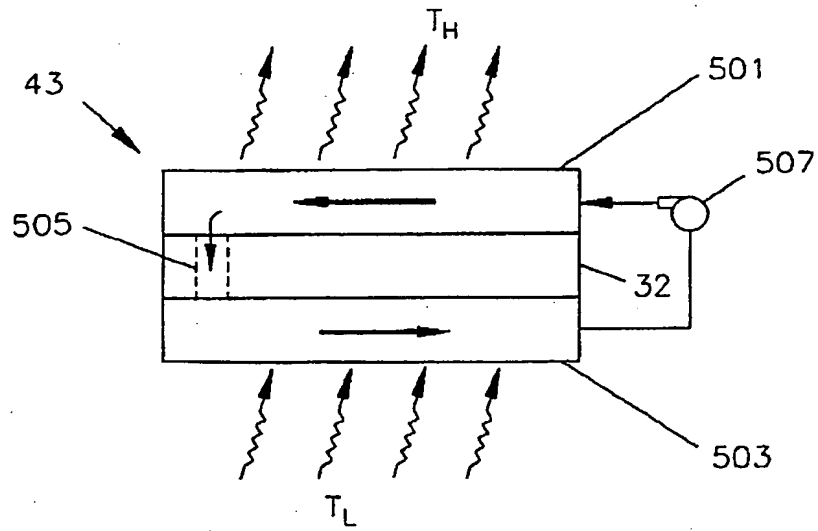


FIG. 5a

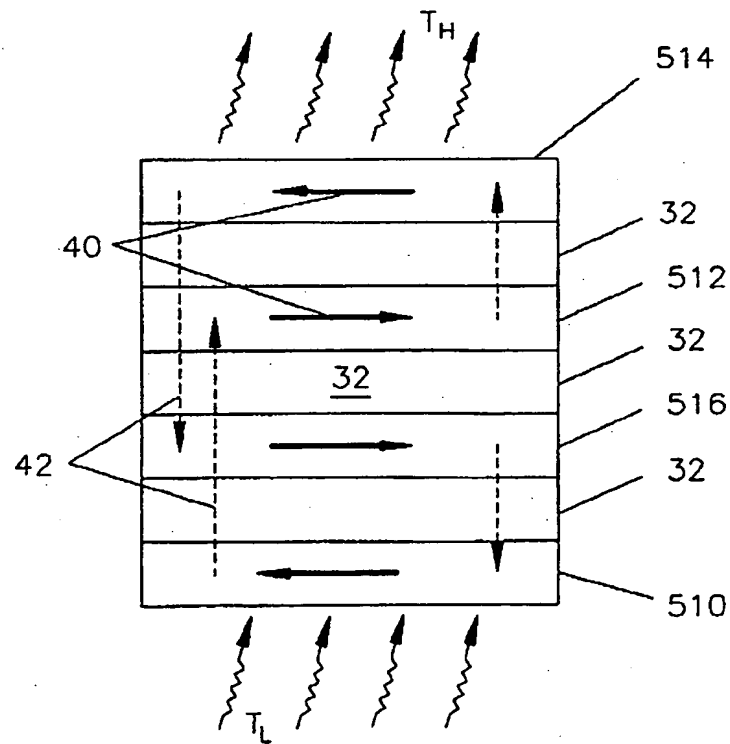


FIG. 5b

【図6】

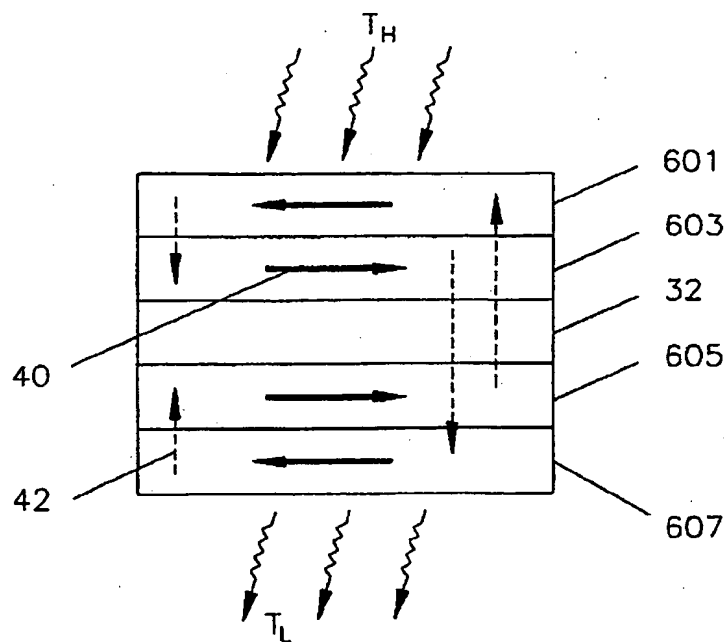


FIG. 6a

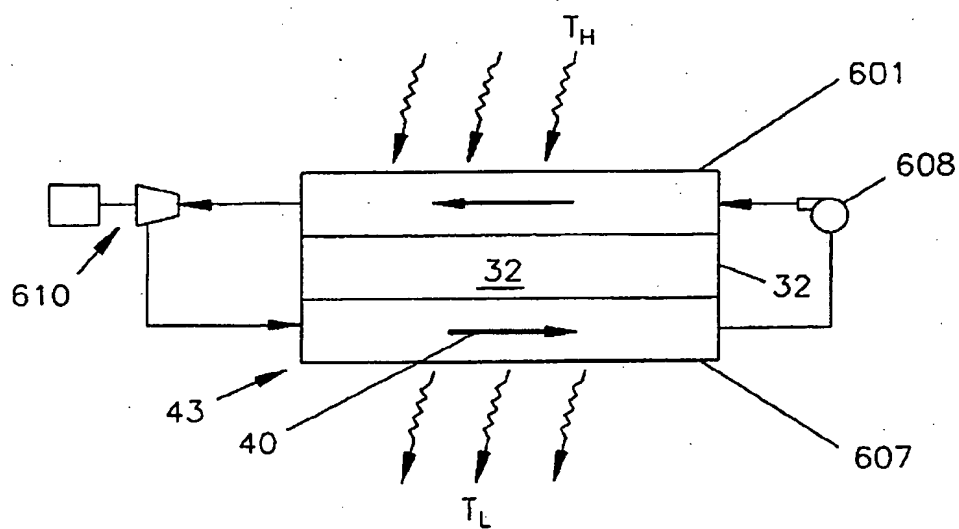


FIG. 6b



【図7】

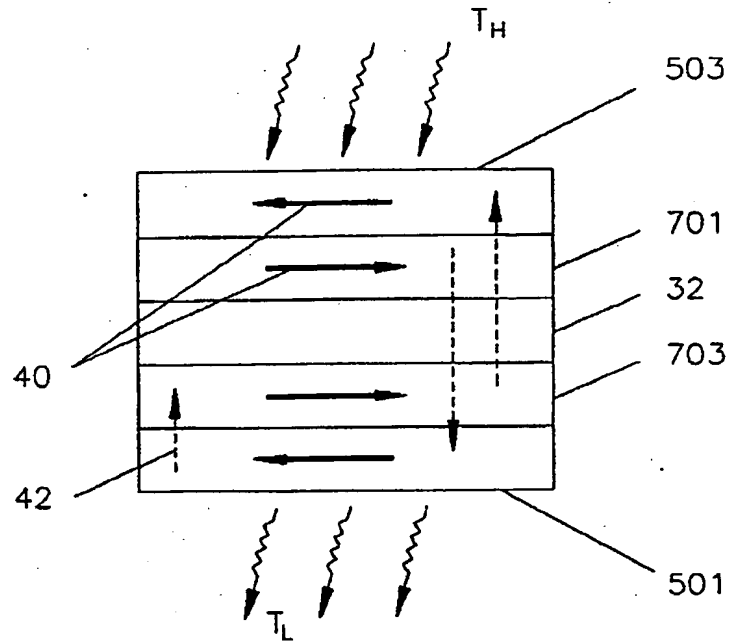


FIG. 7a

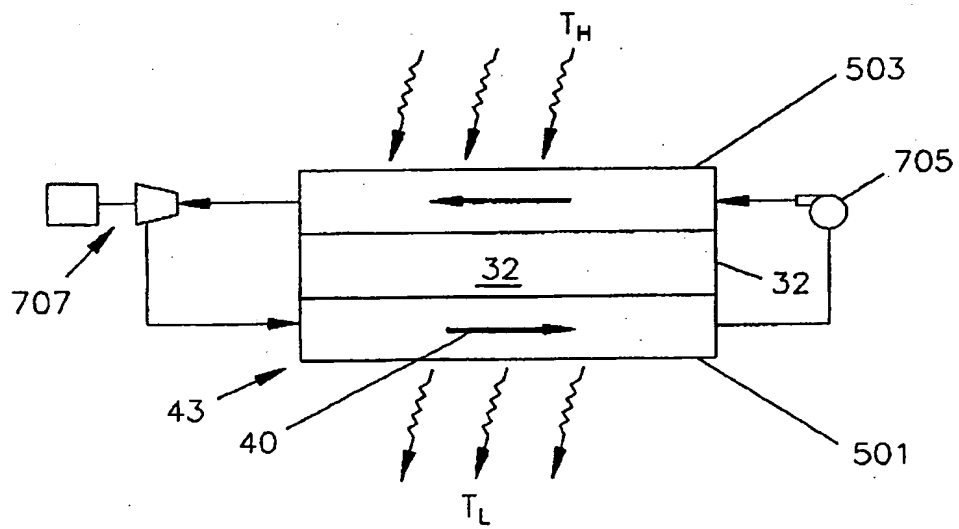


FIG. 7b

【图7】

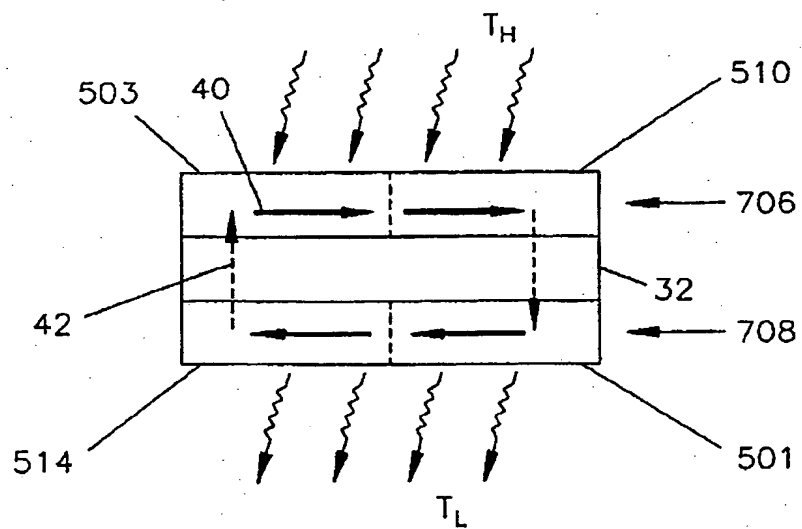


FIG. 7c

【手続補正書】特許法第184条の8

【提出日】1996年7月3日

【補正内容】

請求の範囲

1. 微小部品シート構造体において、
  - (イ) 第1の複数個の微小部品を有する第1の積層体と；
  - (ロ) 上記第1の積層体に取り付けられ、第2の複数個の微小部品を有する第2の積層体と；から成り、
  - (ハ) 上記第1の積層体が熱を排斥し、上記第2の積層体が熱を受け取り、  
上記第1及び第2の積層体が絶縁積層体の両面に取り付けられて、微小部品熱組立体を形成する、  
ことを特徴とする微小部品シート構造体。
2. 請求の範囲第1項に記載の微小部品シート構造体において、流体が凝縮可能であり、上記第1の積層体内で凝縮し、上記第2の積層体内で蒸発することを特徴とする微小部品シート構造体。
3. 請求の範囲第1項に記載の微小部品シート構造体において、
  - (イ) 上記第2の積層体と上記第1の積層体との間のコンプレッサと；
  - (ロ) 上記第1の積層体と上記第2の積層体との間で、上記コンプレッサとは反対側に位置した膨張弁と；を更に備え、
  - (ハ) 熱ポンプを提供する、  
ことを特徴とする微小部品シート構造体。
4. 請求の範囲第3項に記載の微小部品シート構造体において、上記コンプレッサがマクロ寸法のコンプレッサであることを特徴とする微小部品シート構造体。
5. 請求の範囲第3項に記載の微小部品シート構造体において、上記膨張弁がマクロ寸法の膨張弁であることを特徴とする微小部品シート構造体。
6. 請求の範囲第1項に記載の微小部品シート構造体において、

(イ) 上記第 1 の積層体と上記第 2 の積層体との間のポンプ又はコンプレッサ

と；

(ロ) 上記ポンプ又はコンプレッサとは反対側で上記第 2 の積層体と上記第 1 の積層体との間に位置したワーク抽出器と；

から成り、

(ハ) 熱エンジンを提供する、

ことを特徴とする微小部品シート構造体。

7. 請求の範囲第 6 項に記載の微小部品シート構造体において、上記ポンプ又はコンプレッサがマクロ寸法のポンプ又はコンプレッサであることを特徴とする微小部品シート構造体。

8. 請求の範囲第 6 項に記載の微小部品シート構造体において、上記ワーク抽出器がマクロ寸法のワーク抽出器であることを特徴とする微小部品シート構造体。

9. 微小部品シート構造体において、

(イ) 第 1 の複数個の微小部品を有する第 1 部分と、第 2 部分とを備えた第 1 の積層体；

から成り、

上記第 1 の複数個の各微小部品が更に、

(イ) 複数個のランド部及び流れ経路と；

(ロ) 上記流れ経路を通して流れる流体と；

から成り、

(ハ) 熱を排斥するか又は受け取り、

上記第 2 部分が第 2 の複数個の微小部品を有し、上記第 2 の複数個の各微小部品が更に、

(イ) 複数個の能動性の微小部品と；

(ロ) 上記能動性の微小部品により上記流れ経路を通して流される流体と；

から成り、

(ハ) 熱を受け取るか又は排斥し、ワークを抽出するか又は上記流体を圧縮す

る、

ことを特徴とする微小部品シート構造体。

10. 請求の範囲第9項に記載の微小部品シート構造体において、上記第1の

積層体の上記第1部分が熱を受け取り、当該第1の積層体の上記第2部分が流体からワークを抽出すると共に熱を受け取ることを特徴とする微小部品シート構造体。

11. 請求の範囲第10項に記載の微小部品シート構造体において、上記第1の積層体の上記第1及び第2部分を有する第2の積層体を設け、上記第2の積層体の第1部分が熱を排斥し、当該第2の積層体の第2部分が流体を圧縮すると共に熱を排斥し、理想的なブレイトンサイクル機械を提供することを特徴とする微小部品シート構造体。

12. 微小部品熱組立体において、

(イ) 複数個のランド部及び流れ経路を備えた少なくとも1つの微小部品を有する第1の積層体であって、(ロ) 絶縁積層体の第1面に取り付けられた第1の積層体と；

(ハ) 複数個のランド部及び流れ経路を備えた少なくとも1つの微小部品を有し、上記絶縁積層体の第2面に取り付けられた第2の積層体と；

から成り、

(ニ) 上記第1及び第2の積層体のうちの一方が熱リジェクタとして使用され、当該第1及び第2の積層体のうちの他方が熱レシーバとして使用される、ことを特徴とする微小部品熱組立体。

13. 請求の範囲第12項に記載の微小部品熱組立体において、上記熱リジェクタが凝縮器であり、上記熱レシーバが蒸発器であることを特徴とする微小部品熱組立体。

14. 微小部品シート構造体において、

(イ) 少なくとも1つの単位作動を遂行するための第1の複数個の微小部品を有する第1の積層体と；

(ロ) 上記第1の積層体に取り付けられ、熱の排斥を必要とするユニットと；

から成り、

(ハ) 上記第1の複数個の各微小部品が更に、

(1) 複数個のランド部及び流れ経路と；

(2) 上記流れ経路を通して流れる蒸発可能な流体と；

を備え、

(二) 熱を排斥するか又は受け取る、

ことを特徴とする微小部品シート構造体。

15. 請求の範囲第14項に記載の微小部品シート構造体において、熱ポンプ、熱エンジン又は熱パイプとなる部品を更に備えたことを特徴とする微小部品シート構造体。

## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.  
PCT/US 95/08011

| A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER<br>F 28 D 1/053   |  |  |
|---|--|--|
| According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC 6   |  |  |
| B. FIELDS SEARCHED<br>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)<br>F 28 D, H 01 L   |  |  |
| Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched   |  |  |
| Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)  |  |  |
| C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT  |  |  |
| Category*   | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages         | Relevant to claim No.  |
| X   | US, A. 4 516 632<br>(SWIFT et al.) 14 May 1985<br>(14.05.85),<br>fig. 8,9; column 3-5      | 1-4  |
| A   | ---  | 5-20   |
| A   | US, A. 5 099 311<br>(BONDE et al.) 24 March 1992<br>(24.03.92),<br>fig. 11; column 8,9.    | 1-20   |
| A   | US, A. 5 199 487<br>(DIFRANCESCO et al.) 06 April<br>1993 (06.04.93),<br>fig. 8; column 7. | 1-20   |
| <input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.   |  |  |
| * Special categories of cited documents :<br>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance<br>"E" earlier document but published on or after the international filing date<br>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)<br>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means<br>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed<br>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention<br>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone<br>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.<br>"Z" document member of the same patent family |  |  |
| Date of the actual completion of the international search<br>14 September 1995  |  | Date of mailing of the international search report<br>16. 10. 95 |
| Name and mailing address of the ISA<br>European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL - 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx 31 651 epo nl,<br>Fax (+ 31-70) 340-1016  |  | Authorized officer<br>HUBER e.h.                                 |

---

フロントページの続き

- (72)発明者 ドロスト, エム・ケビン  
アメリカ合衆国ワシントン州99352, リッ  
チランド, ムレット・コート 2462
- (72)発明者 マクドナルド, キャロリーン・エバンス  
アメリカ合衆国ワシントン州99352, リッ  
チランド, エッジウッド・ドライブ 123